

УДК 538.951:539.424

**А. Н. Чуканов\*, А. Е. Гвоздев, А. Н. Сергеев, А. В. Кукушкин,  
А. А. Яковенко, И. С. Кончакова, М. Ю. Моденов**

Тульский государственный педагогический университет, г. Тула

*\*alexchukanov@yandex.ru*

Научный руководитель — проф., д-р техн. наук *А. Н. Чуканов*

## ФОРМИРОВАНИЕ ЯЧЕИСТЫХ СТРУКТУР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ СВОЙСТВ ИЗДЕЛИЙ АДДИТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Представлена методика моделирования и экспериментальной оценки эффективных физико-механических свойств изделий аддитивного производства, полученных методом послойного лазерного синтеза на базе порошковых сплавов 07X18H12M2 (аналог AISI 316L) и 08XN53BMTYU (аналог Inconel 718), с помощью формирования в них ячеистых структур.

*Ключевые слова:* аддитивные технологии, послойный лазерный синтез, стержневые структуры, напряженно-деформированное состояние, прочность, упругость.

**A. N. Chukanov, A. E. Gvozdev, A. N. Sergeev, A. V. Kukushkin,  
A. A. Yakovenko, I. S. Konchakova, M. Yu. Modenov**

## FORMATION OF CELLULAR STRUCTURES FOR MODELING AND EXPERIMENTAL EVALUATION OF PROPERTIES OF ADDITIVE MANUFACTURING PRODUCTS

The technique of modeling and experimental evaluation of effective physical and mechanical properties of additive manufacturing products obtained by layer-by-layer laser synthesis on the basis of powder alloys 07X18H12M2 (analog AISI 316L) and 08XN53BMTYU (analog Inconel 718), with the formation of cellular structures in them, is presented.

---

© Чуканов А. Н., Гвоздев А. Е., Сергеев А. Н., Кукушкин А. В., Яковенко А. А., Кончакова И. С., Моденов М. Ю., 2020

**Keywords:** additive technologies, layer-by-layer laser synthesis, rod structures, stress-strain state, strength, elasticity.

Цель работы — методика моделирования и экспериментальной оценки эффективных свойств изделий аддитивных технологий (АТ), полученных методом послойного лазерного синтеза (ПЛС) из порошковых сплавов 07X18H12M2 и 08ХН53БМТЮ, с помощью формирования в них ячеистых структур. Разработаны и подверглись экспериментальной проверке модели: распространения тепла, НДС, оптимизации структуры, периодических пористых и ячеистых структур с переменными теплофизическими и механическими свойствами, остаточной прочности и предельных нагрузок, микроструктуры материала. В эксперименте зафиксированы и использованы в расчетах данные о микроструктуре. Определены эффективные свойства, далее используемые в моделировании. При моделировании реальной микроструктуры использованы формальные ячейки периодичности. Внутренний объем заменен ячеистой (стержневой) структурой, обладающей теми же эффективными свойствами. В модуле изготовления изделия использованы значения его свойств из механических испытаний. Тестирование модуля эффективных свойств выполнено на задаче с материалом, имеющим явную периодичность в виде ячеек стержневой структуры. Эффективные свойства вычислены для одной ячейки, которой заполняли объем изделия. Приведено сравнение исходного сплошного материала и ячеистого тела с эффективными свойствами. Для испытаний изготовлены образцы с ячейками двух типовразных размеров. Процесс изготовления моделирован печатью калибровочных моделей (консольных пластин, рис.) с характерными внутренними напряжениями [1–4].

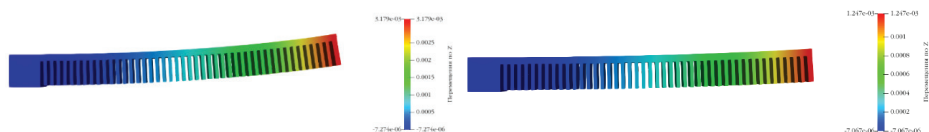


Рис. НДС в модельных калибровочных моделях

*Исследование проведено в рамках государственного задания  
Министерства образования и науки Российской Федерации,  
проект № 11.6682.2017/8.9.*

**Литература**

1. Tripathy S. Chin C., London T. Process Modeling and validation of powder bed metal additive manufacturing // Conference Paper-June. 2017. URL: <https://www.researchgate.net/publication/319173249> (дата обращения: 10.01.20).
2. Effect of material properties and mechanical tensioning load on residual stress formation in GTA 304 dissimilar weld/H. Eisazadeh, A. Achuthan, J.A. Goldak, D. K. Aidun // J. Mater. Process. Tech. 2015. V. 222. P. 344–355.
3. Experimental investigation and 3D finite element prediction of the heat affected zone during laser assisted machining of Ti6Al4V alloy / Y. Jang, S. Sun, M. Brandt, W. Yan // J. Mater. Process. Tech. 2010. V. 210. P. 2215–2222.
4. Failure criterion for PA12 SLS additive manufactured parts / P. Obsta, M. Launhardt, D. Drummera, P. V. Osswaldb, T. A. Osswaldc // Additive Manufacturing. 2018. V. 21. P. 619–627.